Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Food Processing and Preservation

Print ISSN: 2423-3544
Online ISSN: 2423-3803

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

Effect of broad bean (*Vica faba* L.) protein concentrate and xanthan gum on the properties of rice batter and cake

Shiva Shafiei[1], Mehran Aalami[2*], Hoda Shahiri Tabarestani[3], Soheil Amiri Aghdai[4]

[1] M.Sc Student of food science and technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran,
[2] Associate Professor of food science and technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
[3] Assistant Professor of food science and technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
[4] Student of food Industry at Shahid Rajaei Gonbadkavos College, Gonbadkavos, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2022-10-18
Revised: 2022-12-20
Accepted: 2022-12-04

Keywords:
Gluten-free cake
Rice flour
Batter
Broad bean protein concentrate
Xanthan

ABSTRACT

Background and objectives: The production of gluten-free food products is one of the challenging issues in food science, especially bakery products, due to the loss of texture and sensory characteristics. Proteins and hydrocolloids may be effective in improving the quality of gluten-free products by mimicking the viscoelastic properties of gluten. The aim of this research work is to evaluate the effects of broad bean protein concentrate (BPC) as a rich source of protein and xanthan gum on the physicochemical properties of rice batter and cake.

Materials and methods: In the present study, BPC was extracted by acidic-alkaline method and was then added to the batter formulation at three levels of 0, 7.5, 15 % with xanthan gum at three levels of 0, 0.15, 0.3%. Physicochemical properties of the batter including specific gravity and viscosity were evaluated. Physicochemical and sensory properties of cake including porosity, volume, baking loss, hardness and sensory properties were evaluated.

Results: Results of the batter analysis showed that viscosity was reduced by increasing the amount of BPC and xanthan and no significant difference was observed in specific gravity of samples. Results of the cake analysis revealed that hardness was increased and porosity, volume and baking loss were reduced by increasing the amounts of BPC and xanthan. Results of the sensory evaluation showed that there was no significant difference between the treatments in the parameters of crust and crumb color, hardness and porosity; and the panelists assigned lower score to the treatments containing 15% of bean protein concentrate (BPC) regarding the texture and flavor. In terms of total acceptance, the panelists assigned the highest score to the control sample and the sample containing 7.5% broad bean protein concentrate (BPC) and 0.3% xanthan.

Conclusion: In general, high amounts of broad bean protein concentrate (BPC) and xanthan gum led to a significant increase in batter viscosity which resulted in an increase in hardness and a decrease in volume and porosity of the cake by creating high water absorption, but led to a decrease in baking loss of the cakes, which is

economically favorable. According to the obtained results, cake with 7.5% BPC and 0.3 % xanthan was the best treatment in terms of sensory and quality characteristics.

Cite this article: Shafiei, Sh., Aalami, M., Tabarestani, Sh., H., Amiri Aghdai, S. 2022. Extraction of phenolic and flavonoid compounds of dill plant extract powder and their microencapsulation in alginate hydrogel. *Food Processing and Preservation Journal*, 14 (4), 111-124.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/FPPJ.2022.20678.1724
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

اثر کنسانتره پروتئین باقلا و صمغ زانتان بر ویژگی‌های خمیرابه و کیک برنج

شیوا شفیعی[۱]، مهران اعلمی[۲*]، هدی شهیری طبرستانی[۳]، سهیل امیری عقدایی[٤]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری مواد غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۲] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۳] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[٤] هنرآموز صنایع غذایی هنرستان شهید رجایی گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱٤۰۱/۰۷/۲٦
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۱/۰۹/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۱/۰۹/۱۳

واژه‌های کلیدی:
کیک بدون گلوتن
آرد برنج
خمیرابه
کنسانتره پروتئین باقلا
صمغ زانتان

چکیده

سابقه و هدف: تولید فرآورده‌های غذایی بدون گلوتن به دلیل افت ویژگی‌های بافتی و حسی یکی از مسائل چالش برانگیز در صنایع غذایی بویژه فرآورده‌های نانوایی محسوب می‌شود. پروتئین‌ها و هیدروکلوئیدها با تقلید ویژگی‌های ویسکوالاستیک گلوتن می‌توانند در بهبود کیفیت فرآورده‌های بدون گلوتن موثر باشند. هدف از این پژوهش، بررسی اثر کنسانتره پروتئین باقلا (BPC) به‌عنوان منبع غنی از پروتئین و صمغ زانتان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خمیرابه و کیک‌های تهیه شده از آرد برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش کنسانتره پروتئین باقلا (BPC) به روش اسیدی-قلیایی استخراج شد و در سه سطح ۰، ۷/۵ و ۱۵ درصد به همراه صمغ زانتان در سه سطح ۰، ۰/۱۵ و ۰/۳ درصد به فرمولاسیون خمیرابه اضافه شدند. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی خمیرابه شامل ثقل ویژه و ویسکوزیته انجام شد. درنهایت ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک شامل تخلخل، حجم، افت پخت، سفتی و ارزیابی حسی مورد آزمون قرارگرفت.

یافته‌ها: نتایج آنالیز خمیرابه نشان داد که با افزایش کنسانتره پروتئین باقلا (BPC) و صمغ زانتان ویسکوزیته خمیرابه افزایش یافت و اختلاف معنی‌داری میان ثقل ویژه خمیرابه‌ها مشاهده نشد. نتایج آنالیز کیک نشان داد که با افزایش میزان صمغ زانتان و کنسانتره پروتئین باقلا (BPC)، سفتی افزایش و حجم، تخلخل و افت پخت کاهش یافت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که اختلاف معنی‌داری میان تیمارها در پارامترهای رنگ پوسته و مغز، سفتی و تخلخل مشاهده نشد و ارزیابان در مورد بافت و عطروطعم امتیاز کمتری به تیمارهای حاوی ۱۵ درصد کنسانتره پروتئین باقلا (BPC) اختصاص دادند. از نظر پذیرش کلی، ارزیابان بیشترین امتیاز را به تیمار شاهد و تیمار حاوی ۷/۵ درصد کنسانتره پروتئین باقلا (BPC) و ۰/۳ درصد زانتان اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: بطورکلی مقادیر بالای کنسانتره پروتئین باقلا (BPC) و صمغ زانتان با ایجاد جذب آب بالا منجر به افزایش قابل توجه ویسکوزیته خمیرشده که افزایش سفتی و کاهش حجم و

تخلخل کیک را در پی داشــت اما منجربه کاهش افت پخت کیک‌ها شــد که از لحاظ اقتصادی مطلوب می‌باشد. مطابق نتایج بدست آمده، کیک با ۷/۵ درصد کنسانتره پروتئین باقلا (BPC) و ۰/۳ درصد زانتان بهترین تیمار از لحاظ ویژگی‌های حسی و کیفی بود.

استناد: شفیعی، ش.، اعلمی، م.، شهیری طبرستانی، هــ، امیری عقدایی، س. (۱٤۰۱). اثر کنسانتره پروتئین باقلا و صمغ زانتان بر ویژگی‌های خمیرابه و کیک برنج. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱٤ (٤)، ۱۲٤-۱۱۱.

DOI: 10.22069/FPPJ.2022.20678.1724

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

امروزه جایگزینی گلوتن یکی از مسائل چالش برانگیز در حوزه غلات است. گلوتن شبکه‌ای پروتئینی است که بر اثر اختلاط آرد گندم با آب ایجاد می‌شود. این شبکه پروتئینی منجربه فعال شدن سیستم ایمنی، التهاب و تخریب پرزهای روده باریک در افراد مبتلا به بیماری سلیاک می‌شود که در نتیجه سوءجذب مواد مغذی از جمله ویتامین‌های *A, D, E, K*، کلسیم، فولات و آهن را نیز به همراه دارد. تنها راه درمان این بیماری استفاده از رژیم غذایی بدون گلوتن است. در نتیجه این افراد ناچار به استفاده از آردهای بدون گلوتن ازجمله آرد برنج، ذرت، ارزن و سورگوم (زیرگونه‌های مختلف آن‌ها) و شبه غلاتی مانند آمارانت، باکویت و کینوا هستند (۱). از میان غلات بدون گلوتن برنج مهم‌ترین غله‌ای است که به دلیل فوایدی از جمله حساسیت‌زایی کم، دارا بودن رنگ و مزه خنثی، مقادیر پایین سدیم و مقادیر بالای کربوهیدرات قابل هضم، مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲). از آنجایی که گلوتن عامل اصلی برای ایجاد شبکه‌ای منسجم در خمیر، بهبود توانایی نگهداری گاز، کشش پذیری در خمیر و ایجاد بافتی متخلخل در محصول نهایی است؛ عدم حضور این ترکیب منجر به تولید خمیری با قوام پایین شده و حجم و بافت مطلوبی را ایجاد نمی‌کند (۳). به همین علت عمدتا در محصولات بدون گلوتن با هدف جایگزینی گلوتن و بهبود بافت، ویسکوزیته، احساس‌دهانی از افزودنی‌هایی از قبیل هیدروکلوئیدها، امولسیون کننده‌ها، آنزیم‌ها یا ترکیبات پروتئینی استفاده می‌شود (٤).

صمغ زانتان پرکاربردترین هیدروکلوئیدی است که در محصولات بدون گلوتن به منظور تقلید ویژگی‌های ویسکوالاستیک گلوتن، افزایش قابلیت حفظ آب و توانایی نگه داری گاز به‌واسطه افزایش ویسکوزیته مورداستفاده قرار می‌گیرد (۵). باقلا یکی از حبوبات مهم زمستانه است که به‌عنوان منبع غنی از پروتئین (۲۵-۳۲ درصد پروتئین) جهت مصرف انسان به شمار می‌رود.؛ بنابراین دانه‌ای مناسب برای استخراج پروتئین می‌باشد (٦). عمده‌ترین پروتئین‌های ذخیره‌ای در باقلا گلوبولین‌ها هستند که حاوی دو پروتئین با وزن مولکولی بالا به نام‌های لگومین[1] و ویسیلین[2] می‌باشند که به ترتیب تحت نام 11S و 7S شناخته می‌شوند. پروتئین نیز ترکیبی است که به منظور تقلید خواص ویسکوالاستیک گلوتن با جذب آب و افزایش ویسکوزیته در فرآورده‌های بدون گلوتن مورد استفاده قرار می‌گیرد (۷). از طرفی از اختلاط پروتئین حبوبات و آرد برنج محصولی به دست می‌آید که ارزش بیولوژیکی پروتئین آن افزایش‌یافته و با این عمل کمبود اسیدهای آمینه در هر دو گروه (غلات و حبوبات) جبران می‌شود (۸). طالبی و همکاران (2015) به بررسی تأثیر ایزوله پروتئین سویا به عنوان مقلد گلوتن در کیک برنج پرداختند. نتایج به وضوح نشان داد که افزودن ایزوله پروتئین سویا به میزان ۱۰ درصد سبب افزیش حجم مخصوص، تخلخل و کاهش میزان سفتی در محصول نهایی شد (۹). عباس زاده و همکاران (2016)، اثر کنسانتره پروتئین بادام شیرین و صمغ زانتان را روی کیک بدون گلوتن بر پایه برنج بررسی کردند. نتایج حاکی از آن بود که کنسانتره پروتئین بادام شیرین منجر به افزایش ویسکوزیته، ثقل ویژه خمیرابه و سفتی کیک و کاهش حجم و تخلخل کیک شد (۱۰). اندرید و همکاران (2018) به بررسی تأثیر هیدروکلوئیدها (گالاکتومانان و صمغ زانتان) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کیک‌های بدون گلوتن بر پایه آرد باقلا پرداختند. هیدرو کلوئیدها ویسکوزیته، ثقل ویژه خمیرابه و

1. Legumin

2. Vicilin

تخلخل و انسجام کیک‌ها را افزایش دادند (١١). نقی پور و همکاران (2013) به بررسی امکان تولید کیک بدون گلوتن با استفاده از آرد سورگوم و صمغ‌های گوار و زانتان پرداختند. نتایج نشان داد که با افزایش درصد صمغ، میزان جذب آب، pH و ثقل ویژه خمیرابه کاهش یافت. همچنین صمغ زانتان و گوار به خصوص در حالت ترکیبی علاوه بر افزایش رطوبت قادر به افزایش حجم مخصوص، تخلخل، بهبود ویژگی‌های حسی و کاهش سفتی بافت کیک بودند که بهترین نتیجه در نمونه حاوی صمغ زانتان و گوار با نسبت ٠/٣:٠/٦ مشاهده شد (١٢). باتوجه به این‌که تاکنون از BPC در فرآورده‌های بدون گلوتن استفاده نشده است، هدف این پژوهش تولید BPC و بررسی اثر آن به همراه صمغ زانتان بر کیک برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

دانه باقلا (رقم مهتا با ٦/٧٦ درصد رطوبت، ٢٨/٩٦ درصد پروتئین، ١/٥٢ درصد چربی و ٣/١٠ درصد خاکستر) بصورت تازه از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان گلستان تهیه و برنج نیم دانه رقم طارم از بازار محلی خریداری شد. صمغ زانتان آزمایشگاهی از شرکت فوفنگ تهیه شد. مواد شیمیایی از شرکت مرک تهیه شده و سایر مواد اولیه کیک از فروشگاه های معتبر شهرستان گرگان خریداری شدند. مواد اولیه جهت تولید کیک شامل آرد برنج (١٣/٤٣ درصد رطوبت، ٨/٢٠ درصد پروتئین، ٠/٢٠ درصد چربی و ٠/٦٦ درصد خاکستر)، روغن، تخم‌مرغ، پودر قند، بکینگ پودر، وانیل، صمغ زانتان و BPC (٥/٣٨ درصد رطوبت، ٨٢/٥٣ درصد پروتئین، ١/٠٦ درصد چربی و ٥/٣٨ درصد خاکستر) بودند.

تهیه کنسانتره پروتئین باقلا (BPC): ابتدا دانه باقلا غلاف‌گیری و پوست‌گیری شد؛ سپس در دمای ٤٢ درجه سانتی‌گراد به مدت ١٠ ساعت توسط خشک‌کن نیمه صنعتی خشک، بوسیله آسیاب (پاناسونیک، مدل DMC-FS -42، چین) خرد و با الک شماره ٨٠ (١٨٠ میکرون) الک شد. به منظور تهیه کنسانتره پروتئین باقلا ابتدا آرد تهیه شده با آب مقطر به نسبت ١ به ١٠ ترکیب شد. pH به کمک هیدروکسید سدیم یک نرمال به ٩/٥ رسانده و به مدت ٤٠ دقیقه در دمای اتاق مخلوط شد. سپس مخلوط حاصل به مدت ١٠ دقیقه با سرعت ٤٠٠٠ دور در دقیقه سانتریفوژ (تجهیزات آزمایشگاهی بهسان ، مدل B4/100، ایران) شده و فاز رویی جمع‌آوری شد. pH فاز رویی جداسازی شده با استفاده از اسیدکلریدریک یک نرمال به ٤/٥ رسانده وسپس به مدت ١٠ دقیقه با سرعت ٤٠٠٠ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. مواد ته نشین شده با آب مقطر شستشو داده، سپس جمع آوری و توسط آون (ممرت، مدل UF55، آلمان) با دمای ٤٢ درجه سانتی گراد خشک شدند (١٣).

تهیه خمیر و تولید کیک: کیک مطابق روش عباس زاده و همکاران (2016) با کمی تغییرات در مواد اولیه تولید شد. مواد اولیه شامل آرد برنج، پودر قند، روغن، وانیل، تخم‌مرغ، بیکینگ‌پودر، آب، زانتان در سه سطح (٠، ٠/١٥ و ٠/٣) و BPC در سه سطح (٠ و ٧/٥ و ١٥) بودند. مقادیر مواد اولیه هر تیمار در جدول ١ ذکر شده‌است. جهت تولید کیک ابتدا روغن و پودرقند هم زده شد تا به مایع کرم‌رنگی تبدیل شود. سپس به ترتیب تخم‌مرغ، نصف آب، تمام مواد خشک (آرد برنج، BPC، زانتان، وانیل، بیکینگ‌پودر)، نصف دیگر آب اضافه و مخلوط شد. مقدار ٣٠ گرم از خمیرابه در قالب‌های مخصوص حاوی کاغذ روغنی ریخته و به مدت ٢٥ دقیقه در فر (LETO-010، ترکیه) با دمای ١٧٠ درجه سانتی‌گراد پخته شد. ٢٠ دقیقه بعد از پخت و سرد شدن کیک‌ها در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته‌بندی و در دمای محیط نگهداری شدند (١٠).

جدول ۱- معرفی تیمارها

Table 1- Introduction of treatments

تیمار Treatment	عناصر تشکیل دهنده (گرم) INGREDIENTS (gr)								
	آرد برنج Rice flour	پودرقند Sugar	روغن Oil	تخم‌مرغ Egg	وانیل Vanilla	بکینگ‌پودر Baking powder	آب Water	کنسانتره پروتئین باقلا BPC	زانتان Xanthan
C_0X_0	100	72	57	72	0.5	2	30	0	0
$C_0X_{0.15}$	100	72	57	72	0.5	2	30	0	0.15
$C_0X_{0.3}$	100	72	57	72	0.5	2	30	0	0.3
$C_{7.5}X_0$	100	72	57	72	0.5	2	30	7.5	0
$C_{7.5}X_{0.15}$	100	72	57	72	0.5	2	30	7.5	0.15
$C_{7.5}X_{0.3}$	100	72	57	72	0.5	2	30	7.5	0.3
$C_{15}X_0$	100	72	57	72	0.5	2	30	15	0
$C_{15}X_{0.15}$	100	72	57	72	0.5	2	30	15	0.15
$C_{15}X_{0.3}$	100	72	57	72	0.5	2	30	15	0.3

ارزیابی ویسکوزیته خمیرابه: این آزمون توسط دو صفحه موازی دستگاه رئومتر (Anton paar، مدل MCR301، اتریش) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. در این آزمون فاصله صفحات ۱ میلی‌متر و محدوده سرعت برشی $^{-1}$ s ۲۵۰-۰/۰۵ بود. مقادیر ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در سرعت برشی ثابت و میانه $^{-1}$ s ٦۰/۵ بررسی شد (١٤).

ارزیابی ثقل ویژه خمیرابه: جهت اندازه‌گیری این کمیت حجم مشابهی از خمیرابه کیک و آب مقطر در یک دمای یکسان وزن شد و با تقسیم وزن خمیرابه کیک به وزن آب مقطر، ثقل ویژه خمیرابه کیک محاسبه شد (١٥).

ارزیابی حجم: اندازه‌گیری حجم کیک با استفاده از روش جابجایی دانه کلزا محاسبه شد. به این صورت که ابتدا دانسیته توده‌ای کلزا را با استفاده از وزن و حجم مشخصی از دانه‌ها محاسبه کرده سپس نمونه را به همراه دانه‌های کلزا به داخل ظرفی با ابعاد مشخص قرار داده و توزین می‌کنیم و در نهایت حجم براساس روابط زیر محاسبه می‌شود(١٦).

(رابطه ١) $W_{\text{کلزا}} = W_{\text{کل}} - W_{\text{ظرف}} - W_{\text{کیک}}$

(رابطه ٢) $V_{\text{کلزا}} = \frac{w_{\text{کلزا}}}{\rho_{\text{کلزا}}}$

(رابطه ٣) $V_{\text{کیک}} = V_{\text{ظرف}} - V_{\text{کلزا}}$

v : حجم w: وزن

ارزیابی تخلخل: به منظور ارزیابی میزان تخلخل ابتدا حجم واقعی کیک تعیین شد. نمونه کیک داخل استوانه مدرج تا جاییکه هیچ گونه خلل و فرجی باقی نماند فشرده شد سپس طبق رابطه زیر درصد تخلخل محاسبه شد (17).

(رابطه ٤) $\text{درصد تخلخل} = \left[1 - \frac{V\,\text{true}}{V\,bulk}\right] \times 100$

V True: حجم واقعی

V bulk: حجم کل کیک اندازه‌گیری شده به روش جا به جایی دانه کلزا

ارزیابی سفتی بافت: ارزیابی بافت کیک ۲ ساعت پس از پخت با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (استیبل میکروسیستم، مدل TA.XT Plus، انگلستان) انجام شد. قطعات ۲× ۲ سانتی‌متری از مغز نمونه‌ها با استفاده از دستگاه بافت‌سنج و با به‌کارگیری پروب با قطر ٣٦ میلی‌متر، به‌اندازه ۱ سانتی‌متر فشرده شد و بیشترین نیروی ی که در پایان فشردن به کیک وارد شد برحسب گرم نیرو گزارش شد (١٨).

ارزیابی افت پخت: برای اندازه‌گیری این کمیت، وزن کیک‌ها پس از خروج از فر و سرد شدن به مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط تعیین شد. با دانستن وزن خمیرابه ریخته شده در هر قالب و وزن کیک پس از پخت، افت پخت طبق رابطه زیر محاسبه شد (١٩).

(رابطه ۵) $\text{درصد افت پخت} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$

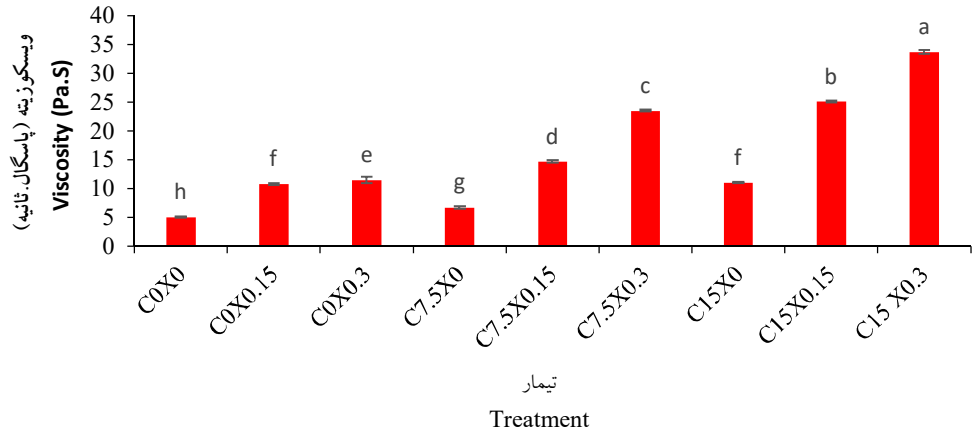
در این رابطه W1 وزن خمیرابه و W2 وزن کیک است (وزن‌ها برحسب گرم).

ارزیابی حسی: نمونه‌ها ۲ ساعت پس از پخت در اختیار ۱۰ نفر از افراد آموزش‌دیده آشنا با تکنیک های ارزیابی حسی قرار گرفت. ویژگی‌های موردبررسی شامل رنگ پوسته و مغز، سفتی، بافت، عطروطعم، تخلخل، ظاهر نمونه و پذیرش کلی با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱= نامطلوب، ۵= مطلوب) مورد ارزیابی قرار گرفت (۲۰).

طرح آزمون و آنالیز آماری داده‌ها: داده‌های حاصل بر اساس آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی آنالیز و هر آزمون حداقل در سه تکرار انجام شد. تجزیه تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ویسکوزیته خمیرابه: مقادیر ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در سرعت برشی ثابت و میانه S^{-1} ۶۰/۵ در شکل ۱ آمده است. با افزایش درصد صمغ زانتان و BPC ویسکوزیته خمیرابه نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری افزایش یافت. دلیل آن را می‌توان وجود اثر هم افزایی بین BPC و زانتان در جذب آب دانست (۲۱). نتیجه تحقیق ترکمانی میانجی و همکاران (2022) نشان داد که کنسانتره پروتئین سبوس برنج سبب افزایش ویسکوزیته خمیرابه کیک برنج شد (۲۲). در تحقیق کوهساری و همکاران (2019) نیز با افزایش ایزوله پروتئین نخود به کیک برنج ویسکوزیته افزایش یافته است (۲۳).



شکل ۱- اثر صمغ زانتان و BPC بر میزان ویسکوزیته خمیرابه

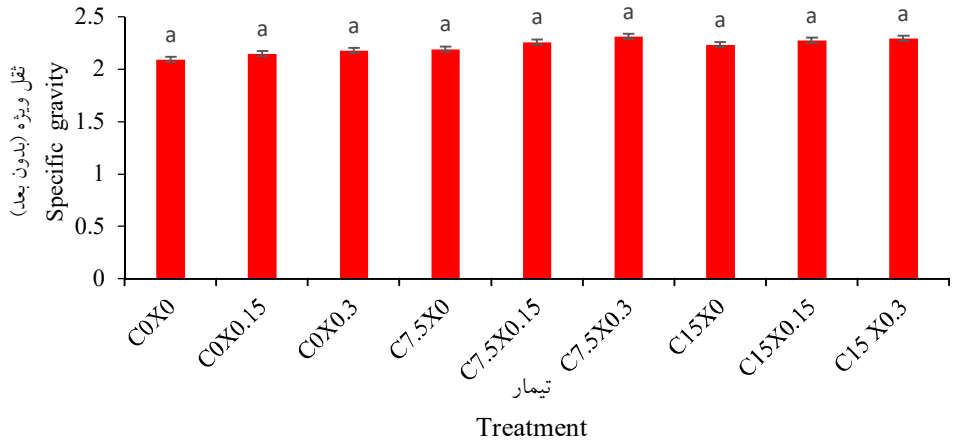
Figure 1. The effect of xanthan gum and BPC on the viscosity of batter.

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. صمغ زانتان (X) و BPC (C).

Different letters indicate a significant difference at 95% confidence level. Xanthan gum (X) and BPC (C).

ثقل ویژه خمیرابه: ثقل ویژه خمیرابه کیک فاکتور مناسبی جهت تعیین مقدار حباب هوای واردشده به خمیرابه و همچنین میزان نگهداری حباب‌ها در طول مخلوط کردن است. ثقل ویژه کم در خمیرابه‌های کیک مطلوب است که مرتبط با حفظ حباب‌های هوای کوچک اولیه واردشده در خمیرابه در حین مخلوط کردن می‌باشد (۲٤). نتایج اندازه‌گیری ثقل ویژه خمیرابه کیک در شکل۲ نشان داده‌شده است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اختلاف معناداری ($p>۰/۰۵$) میان ثقل ویژه تیمارهای مختلف مشاهده

نشد. طی تحقیق اندرید و همکاران (2018) در بررسی اثر هیدروکلوئیدها روی کیک باقلا باافزایش صمغ ثقل ویژه افزایش یافته اســت (۱۱). در تحقیق مرادی و همکاران (2019) نیز با افزایش ایزوله پروتئین ســویا به کیک بدون گلوتن ثقل ویژه افزایش یافته اســت که دلیل آن را افزایش جذب آب و درپی آن افزایش وزن خمیرابه گزارش کرده‌اند (۲۵).



شکل ۲- اثر صمغ زانتان و BPC بر میزان ثقل ویژه خمیرابه

Figure 2. The effect of xanthan gum and BPC on the specific gravity of batter.

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. صمغ زانتان (X) و کنسانتره پروتئین باقلا (C).

Different letters indicate a significant difference at 95% confidence level. Xanthan gum (X) and BPC (C).

حجم: همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده‌شده است، حجم کیک نمونه شاهد بیش‌تر از سایر نمونه‌ها بود و تیمارهای $C_{15}X_{0.15}$ و $C_{15}X_{0.3}$ که حاوی ۱۵ درصد BPC بودند، کمترین حجم را داشتند. حجم کیک به میزان گاز دی‌اکسید کربن تولیدشده و گستره تغییرات آن‌ها در مغز کیک در طول پخت بستگی‌دارد. ویسکوزیته مناسب خمیرابه برای حفظ حباب‌های هوا و گاز CO_2 در خمیرابه کیک ضروری است. به‌طوری‌که در طول مرحله پخت ویسکوزیته خیلی پایین یا خیلی بالا قابلیت حفظ حباب‌های هوا را نداشته و گاز از خمیرابه خارج شده و حجم کاهش می‌یابد (۲۶). نتایج به‌دست‌آمده با تحقیقات مجذوبی و همکاران (2013) روی کیک‌های غنی‌شده با ایزوله پروتئین سویا و عمار و همکاران (2021) روی کیک‌های بدون گلوتن حاوی کنسانتره پروتئین آب‌پنیر، مطابقت دارد (۲۷-۲۸).

تخلخل: با توجه به جدول ۱، نتایج اثر متقابل زانتان و BPC نشان داد که نمونه شاهد بیشترین تخلخل و تیمار $C_{15}X_{0.3}$ که حاوی بیشترین سطح BPC و زانتان است، کمترین تخلخل را دارا بود. با افزایش میزان صمغ و BPC، کاهش معنی‌داری ($p>۰/۰۵$) در تخلخل حاصل شد. همچنین، BPC دارای اثر چشمگیرتری بر کاهش تخلخل نسبت به زانتان بود. وجود تخلخل ناشی از حضور حباب های هوا در داخل بافت کیک است. هرچقدر تعداد حباب های هوا در داخل بافت محصول بیشتر باشد، تخلخل محصول نیز بالاتر خواهد بود (۲۹). افزودن BPC باعث ایجاد یک شبکه درونی قوی می‌شود. سطوح بالای صمغ و BPC، شبکه درونی، ساختار محکم و سفتی ایجاد می‌کند (در نتایج بررسی سفتی کیک نیز به این موضوع اشاره شده است) که منجر به فشرده شدن بیشتر کیک و خروج حباب های هوا می‌شود. خروج حباب های

هوا باعث کاهش تخلخل می‌شـــود. همچنین افزایش زیاد در میزان ویسکوزیته خمیرابه در اثر افزودن BPC و صـــمغ زانتـان بـاعث می‌شـــود که خمیرابه نتواند حبـاب‌های هوا را در طی پخت در خود نگه دارد، در نتیجـه میزان حجم و تخلخل کاهش می‌یابد (۳۰). در این پژوهش میـان حجم و تخلخل ارتباط مســـتقیمی مشاهده شده است. پائسانی و همکاران (2021) نیز با افزودن کنسانتره پروتئین سبوس برنج به بیسکوئیت به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافتند (۳۱). سینگ و محمد (2007) نیز نتایج مشـــابهی برای کوکی‌های محتوی ایزوله پروتئینی ســـویا گزارش کرده‌اند (۳۲). عباس زاده (2016) در بررســی اثر کنســانتره پروتئینی بادام شیرین در کیک بدون گلوتن نیز به نتیجه مشابهی از حجم و تخلخل دست یافتند (۱۰).

جدول ۲- اثر صمغ زانتان و BPC بر میزان حجم و تخلخل نمونه‌های کیک

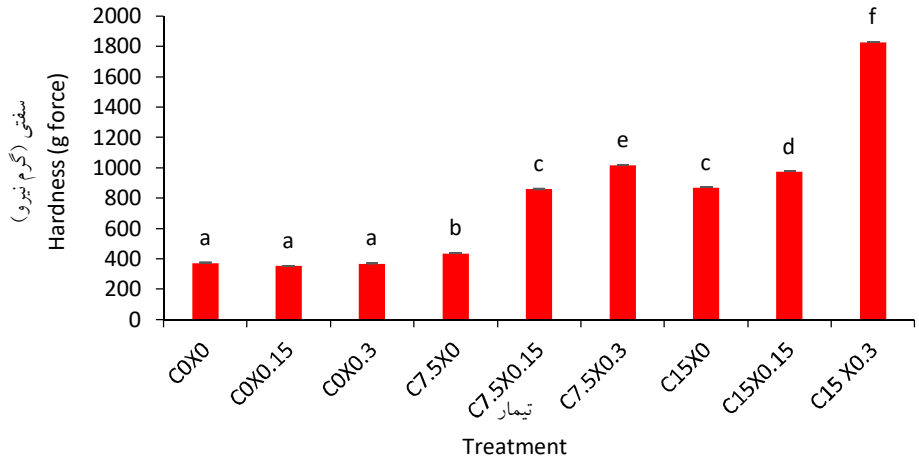
Table 2. The effect of xanthan gum and BPC on the volume and porosity of cake samples.

تیمارها Treatments	حجم (سانتی‌مترمکعب) Volume (cm^3)	تخلخل (درصد) Porosity (%)
C_0X_0	79.97±0.06 [a]	71.22±0.04[a]
$C_0X_{0.15}$	67.52±0.03[b]	67.12±0.10[b]
$C_0X_{0.3}$	67.24±0.16[b]	67.83±0.02[b]
$C_{7.5}X_0$	67.09±0.02[b]	67.17±0.05[b]
$C_{7.5}X_{0.15}$	65.41±0.17[c]	62.92±0.02[c]
$C_{7.5}X_{0.3}$	65.05±0.25[c]	62.50±0.17[c]
$C_{15}X_0$	63.64±0.42[d]	60.01±0.11[d]
$C_{15}X_{0.15}$	59.47±0.52[e]	57.82±0.10[d]
C_{15} $X_{0.3}$	59.50±0.19[e]	57.98±0.09[d]

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. صمغ زانتان (X) و BPC (C).

Different letters indicate a significant difference at 95% confidence level. Xanthan gum (X) and BPC (C).

سفتی: نتایج آنالیز مربوط به سفتی نمونه‌های کیک در فاصـــله زمانی ۲ ســـاعت بعد از پخت در شـــکل ۳ آمـده‌اســـت. نتایج نشـــان می‌دهند که BPC منجربه افزایش معنی‌دار (p>۰/۰۵) ســـفتی کیک‌ها شـــده‌اند. بیشترین میزان سفتی مربوط به تیمار$C_{15}X_{0.3}$ که حاوی بالاترین ســطح صــمغ وBPC اســت و کمترین میزان سفتی مربوط به تیمارهای C_0X_0 و $C_0X_{0.15}$ و $C_0X_{0.3}$ می‌باشـد که فاقد BPC هسـتند. بافت کیک و به ویژه سـفتی مغز کیک از پارامترهای بسـیار مهم در ارزیابی کیفیت کیک توسـط مصرف‌کنندگان است و به عوامل زیـادی نیز بســـتگی دارد. زانتان و BPC می‌توانند با افزایش ویسـکوزیته خمیر و کاهش حجم مخصوص، ضخامت دیواره سلول‌های هوا را افزایش داده و باعث تقویت سـاختار کیک و افزایش سـفتی آن شوند و به این دلیل سـاختمان کیک در برابر نیروی وارده توسط دسـتگاه بافت‌سـنج، به‌راحتی تخریب نشـود و سـفتی بافت افزایش یابد (۳۳). قائمی و همکاران (2022) نیز افزایش سـفتی را در اثر افزودن ایزوله پروتئین سویا و صـــمغ دانه ریحان به کیک برنج گزارش کردند (۳٤). مرادی و همکاران (2019) نیز افزایش ســـفتی را در اثر افزودن ایزوله پروتئین ســـویا به کیک اســـفنجی بدون گلوتن برپایه مخلوط آرد عناب گزارش کردند (۲۵).



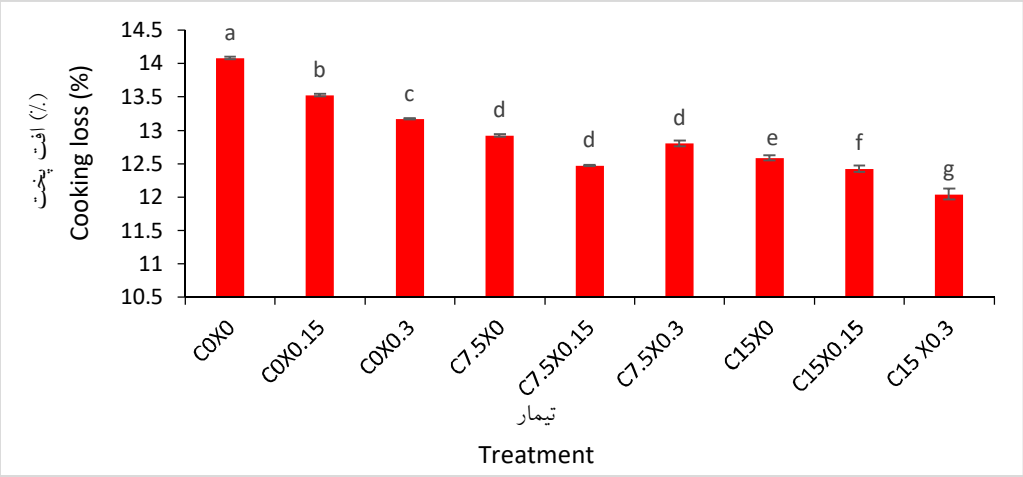
شکل ۳- اثر صمغ زانتان BPC بر میزان سفتی نمونه‌های کیک

Figure 3.The effect of xanthan gum and BPC on the hardness of cake samples.

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. صمغ زانتان (X) و BPC (C).

Different letters indicate a significant difference at 95% confidence level. Xanthan gum (X) and BPC (C).

افت پخت: نتایج مربوط به افت پخت در شکل ٤ ارائه شده است. افت پخت نشان‌دهنده کاهش وزن کیک حین فرآیند پخت است. این شاخص از نظر اقتصادی حائز اهمیت است. آنالیز آماری نشان داد که بیشترین افت پخت مربوط به نمونه شاهد و کمترین افت پخت مربوط به تیمار $C_{15}X_{0.3}$ حاوی بالاترین سطح BPC و زانتان بود که می‌تواند به دلیل ظرفیت نگهداشت آب بیشتر آرد در تیمارهای حاوی BPC و زانتان باشد که منجربه افزایش وزن کیک نهایی نسبت به شاهد شده است. طی تحقیقات صورت گرفته در این زمینه عباس زاده و همکاران (2016) کاهش افت پخت را در اثر افزودن کنسانتره پروتئین بادام شیرین به کیک برنج گزارش کردند (۱۰). همچنین عمار و همکاران (2021) نیز کاهش افت پخت را در اثر افزودن کنسانتره پروتئین آب‌پنیر در کیک بدون گلوتن گزارش کردند (۲۷).



شکل ٤- اثر صمغ زانتان و BPC باقلا بر میزان افت پخت نمونه‌های کیک

Figure 4. The effect of xanthan gum and BPC on the Baking loss of cake samples.

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. صمغ زانتان (X) و BPC (C).

Different letters indicate a significant difference at 95% confidence level. Xanthan gum (X) and BPC (C).

ارزیابی حسی: نتایج مربوط به آنالیز حسی در جدول۳ ارائه‌شده است. امتیاز ارزیابان ازلحاظ پارامترهای رنگ پوسته و مغز، سفتی، تخلخل اختلاف معنی‌داری ($p>۰/۰۵$) نداشت درصورتی‌که در مورد بافت، عطروطعم ارزیابان امتیاز کمتری به تیمارهای $C_{15}X_0$، $C_{15}X_{0.15}$ و $C_{15}X_{0.3}$ یعنی تیمارهای حاوی BPC اختصاص دادند. از نظر پذیرش کلی، ارزیابان بیشترین امتیاز را به تیمار شاهد و تیمار $C_{7.5}X_{0.3}$ اختصاص دادند اما اختلاف زیادی بین نمونه های کیک غنی شده با BPC و زانتان و نمونه شاهد تشخیص ندادند؛ بنابراین این کیک‌ها می‌تواند توسط مصرف کننده به راحتی مصرف شود. نتایج آنالیز حسی کیک‌های بدون گلوتن حاوی ایزوله و کنسانتره ها و زانتان با نتایج ما تا حدی متفاوت بود که این تفاوت به نوع و میزان افزودن این ترکیبات بستگی دارد. برای مثال، برخی با افزودن کنسانتره پروتئین عدس و نخود ارزیابان امتیاز کمتری به کیک‌های حاوی کنسانتره اختصاص دادند؛ درصورتی‌که برخی دیگر با افزودن ایزوله پروتئینی سویا و آب‌پنیر ارزیابان امتیاز بالاتری نسبت به کیک‌های شاهد اختصاص دادند (۲۷-۱-۳۵-۳٦).

جدول ۳- اثر صمغ زانتان و BPC بر خواص حسی نمونه‌های کیک

Table 3. The effect of xanthan gum and BPC on the sensory properties of cake samples.

پذیرش کلی	تخلخل	عطروطعم	بافت	سفتی	رنگ	تیمارها
Total acceptance	Porosity	Flavor	Texture	Hardness	color	Treatments
4.77±0.37^a	4.00±0.53^a	4.37±0.51^a	4.84±0.64^a	4.17±0.47^a	4.12±0.64^a	C_0X_0
4.03±0.64^b	4.62±0.51^a	4.25±0.46^a	4.23±0.46^a	4.35±0.43^a	4.37±0.51^a	$C_0X_{0.15}$
4.11±0.46^b	4.5±0.53^a	4.62±0.64^a	4.12±0.51^a	4.28±0.37^a	4.25±0.46^a	$C_0X_{0.3}$
4.14±0.64^b	4.37±0.51^a	4.5±0.53^a	4.56±0.46^a	4.05±0.64^a	4.25±0.46^a	$C_{7.5}X_0$
4.25±0.46^b	4/00±0.53^a	4.5±0.53^a	4.12±0.64^a	4.25±0.46^a	4.25±0.46^a	$C_{7.5}X_{0.15}$
4.72±0.51^a	4.37±0.51^a	3.5±0.53^b	4.25±0.46^a	4.25±0.46^a	4.87±0.64^a	$C_{7.5}X_{0.3}$
4.25±0.46^b	4.21±0.53a	3.62±0.51^b	4.37±0.51^a	4.37±0.51^a	4.12±0.64^a	$C_{15}X_0$
4.87±0.64^b	4.15±0.64^a	3.5±0.53^b	3.30±0.46^b	4.08±0.27^a	4.37±0.5^a	$C_{15}X_{0.15}$
4.12±0.64^b	4.84±0.46^a	3.62±0.64^b	3.81±0.64^b	4.15±0.33^a	4.25±0.46^a	$C_{15}X_{0.3}$

حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. صمغ زانتان (X) و BPC (C).

Different letters indicate a significant difference at 95% confidence level. Xanthan gum (X) and BPC (C).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آنالیز خمیرابه نشان داد که با افزایش BPC و زانتان ویسکوزیته خمیرابه افزایش یافت، اما اختلاف معنی‌داری ($p>۰/۰۵$) میان ثقل ویژه خمیرابه‌ها مشاهده نشد. نتایج آنالیز کیک نشان داد که با افزایش میزان صمغ زانتان و BPC، سفتی افزایش و حجم، تخلخل و افت پخت کاهش یافت. از نظر پذیرش کلی، می‌توان نتیجه گرفت که سطح ۰/۳ درصد زانتان و ۷/۵ درصد BPC قابل قبول‌ترین سطح برای استفاده در کیک بدون گلوتن می‌باشد.

منابع

1. Eckert, E., Wismer, W., Waduthanthri, K., Babii, O., Yang J., Chen, L. 2018. Application of Barley-and Lentil-Protein Concentrates in the Production of Protein-Enriched Doughnuts. Journal of the American Oil Chemists' Society. 95: 8. 1027-1040.

2. Turabi, E., Sumnu, G and Sahin, S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. Food hydrocolloids. 24: 8. 755-762.
3. Stantiall, S.E. and Serventi, L. 2018. Nutritional and sensory challenges of gluten-free bakery products: a review. International journal of food sciences and nutrition. 69: 4. 427-436.
4. Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. Trends in Food Science & Technology. 15:3-4. 143-152.
5. Preichardt, L.D., Vendruscolo, C.T., Gularte, M.A., Moreira, A.D.S. 2011. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients. International journal of food science & technology. 46:12. 2591-2597.
6. L'Hocine, L., Martineau Côté, D., Achouri, A., Wanasundara, J. P., Loku Hetti Arachchige, G. W. 2020. Broad Bean (Faba Bean) Pulses. Springer. 27-54.
7. Belghith-Fendri, L., Chaari, F. Kallel, F., Zouari-Ellouzi, S., Ghorbel, R., Besbes, S., Ellouz-Chaabouni, S., Ghribi-Aydi, D. 2016. Pea and broad bean pods as a natural source of dietary fiber: the impact on texture and sensory properties of cake. Journal of Food Science. 81:10. C2360-C2366.
8.Negash, C., Belachew, T., Henry, C.J., Kebebu, A., Abegaz, K., Whitin, S.J. 2014. Nutrition education and introduction of broad bean based complementary food improves knowledge and dietary practices of caregivers and nutritional status of their young children in Hula, Ethiopia. Food and Nutrition Bulletin. 35: 4. 480-486.
9.Taleby, H., and Ghiafeh Davoodi, M. 2015. Improvement physicochemical, textural and sensory properties of gluten free sponge cake by ultrasound and soy protein isolate. J. of Food Science and Technology. 69:14. 195-204. (In Persian)
10.Abbaszadeh, F., Alami, M., Sadeghi Mahoonak, A., and Kashaninejad, M. 2016. The effect of sweet almond protein concentrate and xanthan gum on the properties of gluten free cakes.J. of Food Science and Technology. 81: 15. 163- 176. (In Persian)
11.Andrade, F., Albuquerque, P., Moraes, G., Farias, M., Teixeira-Sá, D., Vicente, A., and Carneiro-da-Cunha, M. 2018. Influence of hydrocolloids (galactomannan and xanthan gum) on the physicochemical and sensory characteristics of gluten-free cakes based on fava beans (Phaseolus lunatus). Food & function. 9: 12. 6369-6379.
12.Naghipour, F., Karimi, M., Habibi Najafi, M.B., Hadad Khodaparast, M.H., Sheikholeslami, Z., Ghiafeh Davoodi, M., and Sahraiyan, B. 2013. Investigation on production of gluten free cake utilizing sorghum flour, guar and xanthan gums. J. of Food Science and Technology. 41: 10. 127-139. (In Persian)
13.Makri, E., Papalamprou, E., and Doxastakis, G. 2005. Study of functional properties of seed storage proteins from indigenous European legume crops (lupin, pea, broad bean) in admixture with polysaccharides. Food Hydrocolloids. 19:3. 583-594.
14.Alami, M., Rahbari, M., and Avazsufiyan, A. 2017. Rheological properties of sponge cake based on the rice and wheat germ flour. Food Processing and Preservation Journal. 10: 1. 17-32.
15.Ashwini, A., Jyotsna, R., and Indrani, D. 2009. Effect of hydrocolloids and emulsifiers on the rheological, microstructural and quality characteristics of eggless cake. Food Hydrocolloids. 23:3. 700-707.
16.AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (10 ed). St. Paul, MN.
17.Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S. 2008. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. Food hydrocolloids, 22: 2. 305-312.
18.Marco, C., & Rosell, C. M. 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. European food research and technology. 227:4. 1205-1213.
19.Sung, M.J., Park, Y.S., and Chang, H.G. 2006. Quality characteristics of sponge cake supplemented with soy protein concentrate. Food Science and Biotechnology. 15: 6. 860-865.
20.Ronda, F., Oliete, B., Gómez, M., Caballero, P. A., and Pando, V. 2011. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. Journal of Food Engineering. 102: 3. 272-277.

21.Mirarab Razi, S., Motamedzadegan, A., Shahidi, S.A., Rashidinejad, A. 2020. The physical and rheological properties of egg albumin emulsions are influenced by basil seed gum as the stabilizer. Journal of Food and Bioprocess Engineering. 3:1. 61-68.
22.Torkamani Miyanji, M., Salehifar, M., Fadae Noghani, V. 2022. Extraction of protein from Tarom rice bran and its use in the production of gluten-free cakes. Iranian Journal of Food Science and Technology. 124: 19. 91-99. (In Persian)
23.Kouhsari, F., Emam Jomeh, Z., and Yarmand, M.S. 2019. The effect of the sugar replacement with stevia and adding chia seed flour and chickpea protein isolated on qualitative and rheological properties of gluten-free muffin prepared from rice flour. Iranian Journal of Biosystems Engineering. 3: 50. 657-670. (In Persian)
24.Kırbaş, Z., Kumcuoglu, S., and Tavman, S. 2019. Effects of apple, orange and carrot pomace powders on gluten-free batter rheology and cake properties. Journal of Food Science and Technology. 56:2. 914-926.
25.Moradi, L., Shahidi, F., and Koocheki, F. 2019. Gluten Free Sponge Cake Production Based on Jujube Flour Mix and Soy Protein Isolate. Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture. (In Persian)
26.Salehi, F. 2019. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review. Food science & nutrition. 7: 11. 3391-3402.
27.Ammar, I., Gharsallah, H., Brahim, A.B., Attia, H., Ayadi, M., Hadrich, B., and Felfoul, I. 2021. Optimization of gluten free sponge cake fortified with whey protein concentrate using mixture design methodology. Food Chemistry. 343: 12. 84-57.
28.Majzoobi, M., Ghiasi, F., Habibi, M., Hedayati, S., and Farahnaky, A. 2013. Influence of soy protein isolate on the quality of batter and sponge cake. J. of Food Processing and Preservation, 38:3. 1164-1170 .(In Persian)
29.Jahanbakhshi, R., and Ansari, S. 2020. Physicochemical properties of sponge cake fortified by olive stone powder. Journal of Food Quality.
30.Shaabani, S., Yarmand, M.S., Kiani, H., and Emam-Djomeh, Z. 2018. The effect of chickpea protein isolate in combination with transglutaminase and xanthan on the physical and rheological characteristics of gluten free muffins and batter based on millet flour. LWT. 90. 362-372.
31.Paesani, C., Bravo-Núñez, A., and Gómez, M. 2021. Effect of stabilized wholegrain maize flours on the quality characteristics of gluten free layer cakes. LWT. 135: 109- 959.
32.Singh, M., and Mohamed, A. 2007. Influence of gluten soy protein blends on the quality of reduced carbohydrates cookies. LWT-Food Science and Technology. *40*: 2. 353-360.
33.Shevkani, K., Kaur, A., Kumar, S., and Singh, N. 2015. Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten free rice muffins. LWT-Food Science and Technology. 63: 2. 927-933.
34.Ghaemi, P., Arabshahi Delouee, S., Alami, M., and Hosseini Ghaboos, S.H. 2022. Effect of whey protein concentrate, soy protein isolate, and basil seed gum on some physicochemical and sensory properties of rice flour based gluten-free batter and cake. 127: 19. 139-154.
35.Lin ,M., Tay, S. H., Yang, H., Yang, B., and Li, H. 2017. Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. Food Chemistry. 229. 663-673
36.Shevkani, K., and Singh, N. 2014. Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. International Journal of Food Science & Technology. 49: 10. 2237-2244.